黄绿绿僵菌对两种稻田蜘蛛捕杀褐飞虱作用的影响

耿博闻，张润杰*

（中山大学生物防治国家重点实验室，广州　510275）

摘要：在室内研究了喷施黄绿绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Driver *et* Milner 孢子悬液对稻田蜘蛛捕杀褐飞虱作用的影响。结果表明，黄绿绿僵菌不感染拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus* Bösenberg *et* Strand 和食虫沟瘤蛛 *Ummeliata insecticeps* Bösenberg *et* Strand，只对蜘蛛喷施菌液不影响它们的捕杀褐飞虱的能力。而对褐飞虱喷施黄绿绿僵菌液后，褐飞虱活力明显下降，导致蜘蛛对其捕杀效果显著提高。在喷施黄绿绿僵菌 10^6、10^7、10^8/mL 孢子浓度后，拟水狼蛛的平均捕杀量分别为 10.5 头/d、11.1 头/d 和 11.4 头/d，食虫沟瘤蛛的平均捕杀量分别为 3.8 头/d、4.3 头/d 和 4.7 头/d，均显著大于对照组。对蜘蛛和褐飞虱同时喷施黄绿绿僵菌不影响前者的捕杀力。这些结果提示，在稻田施用黄绿绿僵菌防治稻飞虱对蜘蛛天敌没有不良影响。

关键词：拟水狼蛛；食虫沟瘤蛛；黄绿绿僵菌；褐飞虱；捕杀效果

中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2004)03-0349-05

Effects of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* on the predation of two paddyfield spiders on the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae)

GENG Bo-Wen, ZHANG Run-Jie* (State Key Laboratory for Biological Control, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Laboratory studies were conducted to determine the pathogenicity of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Driver *et* Milner on paddyfield spiders *Pirata subpiraticus* Bösenberg *et* Strand and *Ummeliata insecticeps* Bösenberg et Strand, to evaluate the effects of the fungus on the predating efficiency of the spiders on the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. The results indicated that *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* had no pathogenicity on both *Pirata subpiraticus* and *Ummelita insecticeps*. However, the activity of brown planthoppers decreased apparently after being infected with conidia of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, that caused increase of the predating efficiency of the paddyfield spiders. At concentrations of 10^6, 10^7, 10^8 conidia/mL of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, the mean predating efficiency of *Pirata subpiraticus* on brown plathoppers were 10.5 heads/d, 11.1 heads/d and 11.4 heads/d respectively; for *Ummeliata insecticeps*, the mean predating efficiency on planthoppers were 3.8 heads/d, 4.3 hoppers/d and 4.7 hoppers/d respectively. Statistical analysis indicated that the differences between the treatments and control were significant. The predating efficiency of the spiders on planthopper increased slightly with the increasing of conidia concentrations of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*.

Key words: *Pirata subpiraticus*; *Ummeliata insecticeps*; *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*; *Nilaparvata lugens*; predating efficiency

稻田蜘蛛由于种类多、数量大，对控制稻飞虱起着关键作用，因此在应用各种杀虫剂防治稻田害虫时，应该充分地考虑到对稻田蜘蛛的保护。由于化学农药对稻田蜘蛛伤害很大(高春先等，1988；顾中言等，1999)，施用化学农药往往导致稻飞虱的再猖獗。而昆虫病原真菌有较强的专一性，且对环境无污染，是用于防治稻田害虫的一个理想选择，特别是对于稻飞虱这类刺吸式口器的害虫，用细菌、病毒类

基金项目：国家重大基础研究“973”项目(G2000016210)

作者简介：耿博闻，男，1960 年生，博士生，研究方向为害虫生物防治，E-mail: bowengeng@msn.com

* 通讯作者：Author for correspondence, E-mail: ls11@zsu.edu.cn

收稿日期 Received: 2003-11-14；接受日期 Accepted: 2004-04-09

生物农药防治的效果甚微，就更加适合于用昆虫病原真菌进行防治（Ferron，1978；Xu *et al*.，1999；Aguda *et al*.，1985）。黄绿绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* Driver *et* Milner 目前主要用于蝗虫的防治（Thomas *et al*.，1996；Lomer *et al*.，1997；Milner，1997），在田间也能感染褐飞虱（Rombach *et al*.，1986）。有关昆虫病原真菌对害虫天敌的作用，Goettle 和 Hajek（2001）认为用病原真菌防治害虫时，有很大的风险会危害到天敌，但只要仔细选择所用的病原真菌的种类，就可以把风险降到最小程度。有关病原真菌对稻田蜘蛛的影响以及在施用病原真菌后对稻田蜘蛛捕杀稻飞虱的影响，还未见报道。本研究的目的是探讨以昆虫病原真菌防治稻飞虱时，昆虫病原真菌对稻田蜘蛛的毒力及其对控制稻飞虱的影响，为指导及协调化学防治和生物防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌种：黄绿绿僵菌 *M. anisopliae* var. *acridum* 从自然感病褐飞虱虫尸上分离而得，菌种的分离、鉴定和培养参照 Butt 和 Goettel（2000）方法进行。在 21～25 ℃下于萨氏培养基（SDAY）平板上培养7天，孢子粉用含 0.02% Tween 80 的蒸馏水制成悬浮液，并稀释成 10^6、10^7、10^8/mL 的系列孢子浓度。

1.1.2 供试蜘蛛和褐飞虱：实验用褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål 从广州、肇庆、韶关和高州等地稻田采集，实验开始之前在玻璃温室中用非抗稻飞虱的水稻品种“七袋占”饲养，大量繁殖以供实验。

供试蜘蛛拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus* Bösenberg *et* Strand 与食虫沟瘤蛛 *Ummeliata insecticeps* Bösenberg *et* Strand 从广州郊区稻田采集，实验前经过 24 h 饥饿处理。

1.2 方法

参照王智等（2002）的方法并加以改进。

1.2.1 不施用病原真菌时，蜘蛛对稻飞虱捕杀力的测定：在直径为 25 cm 的塑料桶内栽1丛禾，去其基部黄叶，保持8根苗，灌水至水稻基部 1～2 cm，用 60 目的不锈钢纱笼（30 cm × 30 cm × 100 cm）罩住，在两个处理组罩笼内（每组3个重复）分别接种长翅型飞虱成虫 30 头，然后在第一组内投放拟水狼蛛雌蛛1头，第二组罩笼内投放食虫沟瘤蛛雌蛛1头。

1.2.2 只对飞虱施用病原真菌时，蜘蛛捕杀飞虱效果的测定：接虫量和接虫方法同上。分别向罩笼内的稻叶上喷洒不同浓度的菌液，每1种浓度1笼，待稻叶上药液干燥后，在第1处理组的每个笼中投放入体形大小基本一致的拟水狼蛛雌成蛛各1头，在第2处理组的每个罩笼中放入体形大小基本一致的食虫沟瘤蛛雌成蛛各1头。

1.2.3 只对蜘蛛施用菌液时，蜘蛛捕杀飞虱效果测定：接虫量和接虫方法同上。在第1处理组的每个罩笼内分别放入经3种不同浓度孢子液喷洒处理的拟水狼蛛雌成蛛，第2处理组分别放入经3种不同浓度孢子液喷洒处理的食虫沟瘤蛛雌成蛛，每笼1头。

1.2.4 对蜘蛛和飞虱同时施菌条件下，蜘蛛捕杀飞虱效果测定：接虫量和接虫方法同上。在第1处理组的3个罩笼内分别放1头拟水狼蛛雌成蛛，第2处理组的3个罩笼内分别放1头食虫沟瘤蛛雌成蛛，每组罩笼内分别用3种浓度的菌液同时对稻株、飞虱和蜘蛛喷雾，喷雾量与正常大田喷雾量基本一致。

实验过程中每天定时记录蜘蛛捕食的飞虱数和咬死的飞虱数，其和为捕杀量。然后再补充猎物至原数，使每天的猎物密度保持不变，连续记录 10 天。重复3次，并设对照，只用 0.02% Tween 80 的蒸馏水喷洒处理，以校正飞虱自然死亡数。

1.2.5 蜘蛛和稻飞虱感染黄绿绿僵菌的检测：实验结束后分别收集各处理组染病和死亡的褐飞虱及健康、染病及死亡的蜘蛛，在实验室中保湿培养3天后，分别从其体表和血腔进行真菌分离和鉴定。

1.2.6 数据处理与分析：处理间各统计量通过方差分析和 Duncan 新复极差检验用 DPS 软件（唐启义和冯明光，2002）完成。

2 结果与分析

2.1 不施用病原真菌条件下，蜘蛛捕杀褐飞虱的能力

表 1　不同浓度黄绿绿僵菌处理后对稻田蜘蛛捕食褐飞虱(BPH)(头/d) 的影响[1)]

Table 1　Predation of the spiders *Pirata subpiraticus* and *Ummeliata insecticeps* on the brown planthopper (BPH) *Nilaparvata lugens* (Number of BPH/d) after spraying the fungus *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*

喷施真菌 Object of fungus applied to	菌液浓度[2)] Fungus dose	拟水狼蛛 *P. subpiraticus*			食虫沟瘤蛛 *U. insecticeps*		
		捕食 Predation	咬死 Death by biting	捕杀量 Total	捕食 Predation	咬死 Death by biting	捕杀量 Total
对照 CK		8.6 ± 1.2 a	1.8 ± 0.5 a	10.4 ± 1.1 a	2.7 ± 0.1 a	0.8 ± 0.1 a	3.5 ± 0.1 a
BPH	10^6	7.9 ± 1.0 a	2.6 ± 0.7 a	10.5 ± 0.8 a	2.3 ± 0.2 a	1.5 ± 0.2 b	3.8 ± 0.1 b
	10^7	8.4 ± 1.1 a	2.7 ± 0.5 b	11.1 ± 1.0 b	2.9 ± 0.5 a	1.4 ± 0.1 b	4.3 ± 0.3 b
	10^8	8.8 ± 1.2 a	2.3 ± 0.2 b	11.4 ± 1.1 b	2.6 ± 0.6 a	2.1 ± 0.2 b	4.7 ± 0.5 c
蜘蛛 Spider	10^6	8.8 ± 1.0 a	1.7 ± 0.6 a	10.5 ± 0.9 a	2.8 ± 0.1 a	0.4 ± 0.0 a	3.2 ± 0.1 a
	10^7	8.6 ± 1.3 a	1.5 ± 0.3 a	10.1 ± 1.2 a	2.5 ± 0.5 a	1.1 ± 0.2 a	3.6 ± 0.3 a
	10^8	8.4 ± 1.2 a	1.8 ± 0.5 a	10.2 ± 1.1 a	2.7 ± 0.2 a	0.9 ± 0.2 a	3.6 ± 0.1 a
BPH + 蜘蛛 BPH + spider	10^6	8.3 ± 1.6 a	1.8 ± 0.6 a	10.1 ± 1.3 a	2.6 ± 0.1 a	1.2 ± 0.3 b	3.8 ± 0.1 b
	10^7	8.5 ± 1.2 a	2.0 ± 0.3 a	10.5 ± 1.1 a	2.8 ± 0.5 a	1.2 ± 0.4 b	4.0 ± 0.4 c
	10^8	8.5 ± 1.5 a	2.6 ± 0.7 b	11.1 ± 1.4 b	2.5 ± 0.6 a	2.0 ± 0.3 b	4.5 ± 0.5 c

1) 表内数据为三个重复的 10 天平均值 ± 标准差,数据后不同字母表示差异显著($P \leqslant 0.05$)(新复极差检验)。The data in the table indicate mean ± *SD* ($n = 3$). The means followed by different letters differ significantly at $P \leqslant 0.05$ by Duncan's multiple range test.

2) 浓度单位:孢子/mL。Dose (conidia/mL).

连续 10 天的实验观察结果表明，在不施用病原真菌的情况下，每头拟水狼蛛平均捕食飞虱 8.6 头/d，咬死 1.8 头/d ，捕杀量达 10.4 头/d(表 1，图 1)；每头食虫沟瘤蛛平均捕食飞虱 2.7 头/d，咬死 0.8 头/d ，捕杀量达 3.5 头/d(表 1，图 2)。对照组 10 天飞虱的自然死亡率为平均每天 0.7%。

2.2　只对褐飞虱喷施菌液条件下，蜘蛛捕杀褐飞虱的能力

对飞虱喷施不同浓度的黄绿绿僵菌孢子液后，拟水狼蛛对飞虱的捕杀力变化见图 1A；食虫沟瘤蛛对飞虱的捕杀力变化见图 2A。在喷菌之后不久，蜘蛛对飞虱的捕杀能力比较低，随着时间的推移，对褐飞虱的捕杀效果明显上升，在第 4 天时达到高峰，约 14 头/d，随后捕杀效果在 10 ~ 14 头/d 的范围内波动。在 10^6、10^7、10^8 孢子浓度下，拟水狼蛛的日平均捕杀量分别为 10.5 头/d、11.1 头/d 和 11.4 头/d；与不施菌的对照组相比，10^6 孢子浓度处理差异不显著($P > 0.05$)，而在 10^7、10^8 孢子浓度处理组捕杀量均大于对照组(表 1)。这表明随着杀虫真菌孢子浓度的增加，飞虱的相对活力下降，蜘蛛对飞虱的捕杀效果增强。3 个菌液浓度处理组食虫沟瘤蛛的日平均捕杀量分别为 3.8 头/d、4.3 头/d 和 4.7 头/d，均显著大于对照组($P < 0.05$)(表 1)，说明黄绿绿僵菌能使食虫沟瘤蛛捕杀褐飞虱的效果明显增强。

2.3　只对蜘蛛施菌的条件下，蜘蛛捕杀飞虱的效果

只对蜘蛛喷施不同浓度的黄绿绿僵菌孢子液而对褐飞虱不喷施菌液条件下，拟水狼蛛对飞虱的捕杀力变化见图 1B，食虫沟瘤蛛对飞虱的捕杀力变化见图 2B。拟水狼蛛在 10^6、10^7、10^8 孢子浓度下日平均捕杀量分别为 10.5 头/d、10.1 头/d 和 10.2 头/d，与不施菌的对照组差异不显著($P > 0.05$)；食虫沟瘤蛛日平均捕杀量分别为 3.2 头/d、3.6 头/d 和 3.6 头/d，与对照组差异不显著($P > 0.05$)(表 1)。

2.4　对褐飞虱和蜘蛛同时施菌条件下，蜘蛛捕杀褐飞虱的效果

对蜘蛛、飞虱都喷施不同浓度的黄绿绿僵菌孢子液后，拟水狼蛛和食虫沟瘤蛛对飞虱的捕杀力变化分别见图 1C、2C。在 10^6、10^7、10^8 孢子浓度下，拟水狼蛛的日平均捕杀量分别为 10.1 头/d、10.5 头/d 和 11.1 头/d；食虫沟瘤蛛的日平均捕杀量分别为 3.8 头/d、4.0 头/d 和 4.5 头/d(表 1)。蜘蛛对褐稻飞虱的捕杀效果的变化与不施菌组的效果进行方差分析，拟水狼蛛只有 10^8 菌液处理组的捕杀力显著大于对照组；食虫沟瘤蛛 3 个菌液浓度处理组的捕杀力均显著大于对照组。

2.5　蜘蛛和稻飞虱感染黄绿绿僵菌的检测

分别对不同处理组收集的褐飞虱和蜘蛛保湿培养 3 天后，进行病原菌分离，结果见表 2。喷施菌液处理的褐飞虱无论收集时是健康、染病，还是死亡，培养后体表长出菌丝，镜检表明，其特征与黄绿绿僵菌相符。这些飞虱血腔的提取物经分离后，也发现有黄绿绿僵菌的菌丝。对喷施过菌液的蜘蛛进行病原菌的分离，仅从体表分离到黄绿绿僵菌，而血腔内没有分离到该菌。只对蜘蛛喷施菌液时，个别飞虱的血腔中检出病原菌，可能是由于蜘蛛体表的真菌污染稻叶，残留的孢子再感染飞虱所致。

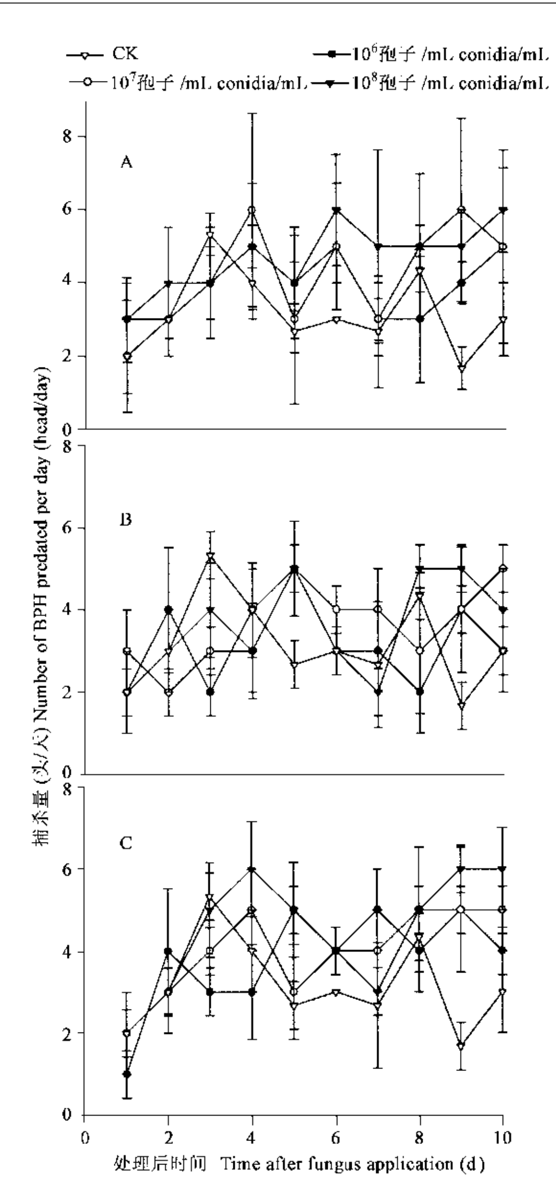


图1 喷施黄绿绿僵菌孢子液对拟水狼蛛捕杀褐飞虱的影响

Fig. 1 Effects of *M. anisopliae* var. *acridum* on predation of spider *P. subpiraticus* on BPH

A. 只对褐飞虱喷施病原真菌 Fungus applied only to BPH; B. 只对蜘蛛喷施病原真菌 Fungus applied only to spider; C. 对飞虱和蜘蛛都喷施病原真菌 Fungus applied to both BPH and the spider.

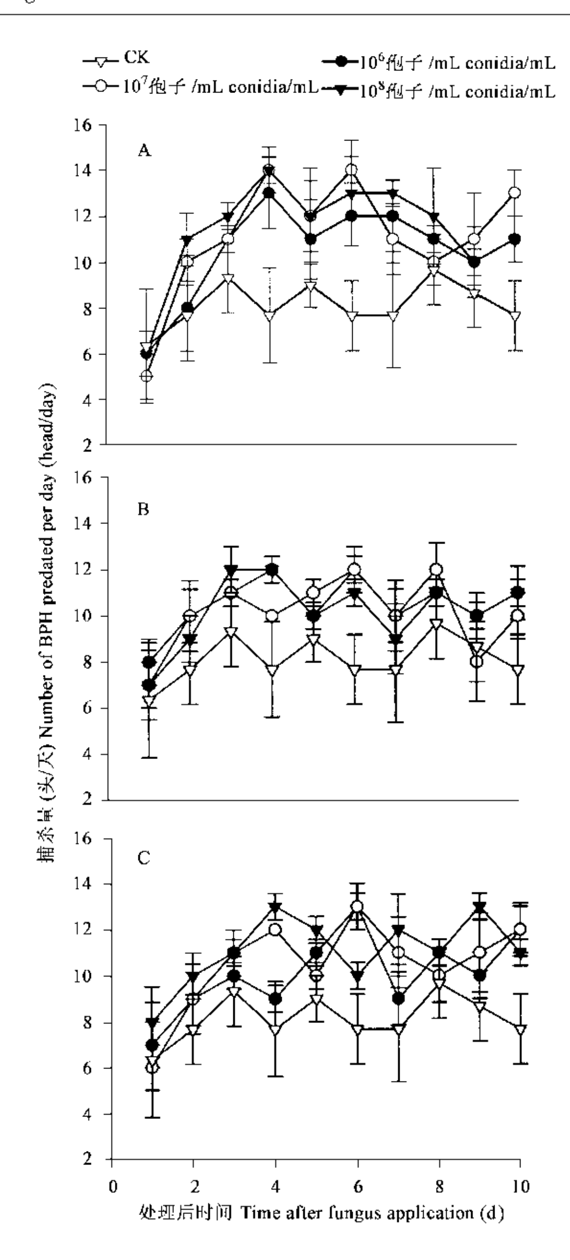


图2 喷施黄绿绿僵菌孢子液对食虫沟瘤蛛捕杀褐飞虱的影响

Fig. 2 Effects of *M. anisopliae* var. *acridum* on predation of spider *U. insecticeps* on BPH

A. 只对褐飞虱喷施病原真菌 Fungus applied only to BPH; B. 只对蜘蛛喷施病原真菌 Fungus applied only to spider; C. 对飞虱和蜘蛛都喷施病原真菌 Fungus applied to both BPH and the spider.

表2 不同处理组褐飞虱、拟水狼蛛和食虫沟瘤蛛感染黄绿绿僵菌的分离检测

Table 2 Isolation of *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* from BPH and *P. subpiraticus* and *U. insecticeps* in different treatments

被检物 Isolation source	喷施真菌处理 Fungus treatments			
	对照 CK	飞虱 BPH	蜘蛛 Spider	飞虱+蜘蛛 BPH+ spider
体表 Body surface				
褐飞虱 BPH	−	+	−	+
拟水狼蛛 *P. subpiraticus*	−	+	+	+
食虫沟瘤蛛 *U. insecticeps*	−	+	+	+
血腔 Coelom				
褐飞虱 BPH	−	+	+	+
拟水狼蛛 *P. subpiraticus*	−	−	−	−
食虫沟瘤蛛 *U. insecticeps*	−	−	−	−

3 讨论

本研究所获的结果表明，在实验条件(包括施用菌液和对照)下，蜘蛛捕杀稻飞虱的能力有一个适应的过程，实验开始时，捕杀量较小(图1,2)。随着对新环境的适应，可迅速达到最大捕杀量，之后拟水狼蛛对褐飞虱的捕杀量在7~10头/d的范围内波动，而食虫沟瘤蛛捕杀量在2~5头/d的范围内波

动。

只对褐飞虱喷施菌液时，蜘蛛咬死的褐飞虱的数量增加，而捕食的褐飞虱数目并没有显著增加，拟水狼蛛的捕食量一般维持在 8 头/d 左右，而被拟水狼蛛咬死的褐飞虱数目增加到 2～6 头/d，使捕杀量达到 10～14 头/d。食虫沟瘤蛛的捕杀量一般在 3 头/d 左右，但当褐飞虱感染病原真菌后，捕杀量增加到 5～6 头/天，与不施菌液的处理比较差异显著。蜘蛛对稻飞虱的捕杀量随着喷施的病原真菌孢子浓度的增加而略有增加，表明病原真菌对褐飞虱的病原性存在浓度效应。从施菌的第 3 天起，稻飞虱逐渐呈现昆虫病原真菌感染的症状，如行动迟缓、对运动物体靠近的趋避性消失等，而拟水狼蛛和食虫沟瘤蛛活动及生活习性没有明显的改变。由此可见，黄绿绿僵菌可以使稻飞虱的活力下降很大，但不影响稻田蜘蛛的活力，这使稻田蜘蛛能容易捕捉到褐飞虱。

在只对蜘蛛施菌的情况下，蜘蛛对褐飞虱的捕杀量与对照组相比只有略微增加，但没有呈现出对孢子浓度增加的效应。这可能由于小部分褐飞虱受到了蜘蛛携带的病原真菌感染所致。

对飞虱、蜘蛛同时施菌条件下，蜘蛛捕杀褐飞虱的效果与只对褐飞虱施菌时的效果相似，这进一步说明喷施黄绿绿僵菌菌液不影响稻田蜘蛛对褐飞虱的捕杀作用。

蜘蛛和稻飞虱感染黄绿绿僵菌的检测结果（表 2）表明，黄绿绿僵菌较易感染褐飞虱但不易感染稻田蜘蛛。这是因为昆虫病原真菌有一定范围的专一性，黄绿绿僵菌能够感染革翅目、鳞翅目、膜翅目等昆虫，但还未见到感染蜘蛛的报道（Goettel and Hajek，2001）。

根据黄绿绿僵菌对稻田蜘蛛捕杀稻飞虱的影响的研究结果，应用黄绿绿僵菌防治稻飞虱，可以起到防治害虫，保护天敌和避免农药污染等多方面的效果。

参 考 文 献 （References）

Aguda R，Rombach MC，Shepard BM，Roberts DW，1985. Mortality of adult brown planthopper（BPH）in different types of cages used for bioassays of entomogenic fungi. *International Rice Research Newsletter* 10，17－18.

Butt TM，Goettel MS，2000. Bioassays of entomogenous fungi. In：Navon A，Ascher KRS eds. Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes. Wallingford，U.K：CABI International Press. 141－195.

Ferron P，1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. *Annul Rev. Entomol.*，23，409－442.

Gao CX，Gu XH，Bei YW，Mao RM，1988. A study on the resurgence of brown planthopper *Nilaparvata lugens*. *Acta Ecologica Sinica*，8（2）：155－163.［高春先，顾秀慧，贝亚维，毛仁民，1988. 褐稻虱再猖獗原因探讨. 生态学报，8（2）：155－163］

Goettle MS，Hajek AE，2001. Evaluation of non-target effects of pathogens used for management of arthropods. In：Wajnberg E，Scott JK，Quimby PC eds. Evaluating Indirect Ecological Effects of Biological Control. Wallingford，U.K.：CAB International. 81－98.

Gu ZY，Xu XL，Su JK，Yan DF，Ni SQ，Chen YR，Zhu XM，Hu XM，Shi SR，Lu SH，Xie XD，1999. A study on the resurgence of rice delphacid caused by application of pyrethroid and its main affecting factors and the method of control. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*，12（4）：53－60.［顾中言，许小龙，苏建坤. 严大富，倪寿坤，陈以仁，朱学明，胡夏明，史顺荣，吕守怀，谢绪定，1999. 拟除虫菊酯农药导致稻飞虱再猖獗机理及调控方法. 西南农业学报，12（4）：53－60］

Lomer CJ，Prior C，Kooyman C，1997. Development of *Metarhizium* spp. for the control of grasshoppers and locusts. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*，171：265－286.

Milner RJ，1997. *Metarhizium flavoviride*（FI985）as a mycoinsecticide for Australian acridids. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*，171：287－300.

Rombach MC，Aguda RM，Shepard BM，Roberts DW，1986. Infection of rice brown planthopper *Nilaparvata lugens*（Homoptera：Delphacidae），by field application of entomopathogenic Hyphomycetes（Deuteromycotina）. *Environ. Entomol.*，15：1 070－1 073.

Tang QY，Feng MG，2002. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Beijing：Science Press. 34－130.［唐启义，冯明光，2002. 实用统计分析及其计算机处理平台. 北京：科学出版社. 34－130］

Thomas M，Gbongboui C，Lomer C，1996. Between-season survival of the grasshopper pathogen *Metarhizium flavoviride* in the Sahel. *Biocontrol Science and Technology*，6：569－573.

Wang Z，Yan HM，Wang HQ，2002. The influence of low-dose pesticides on the insect-control power of paddy field spiders. *Acta Ecologica Sinica*，22（3）：246－251.［王智，颜亨梅，王洪全，2002. 低剂量农药对稻田蜘蛛捕杀量的影响. 生态学报，22（3）：346－351］

Xu JH，Feng MG，Xu Q，1999，The virulence of the entomophthoralean fungus *Pandora delphacis* to the brown planthopper，*Nilaparvata lugens*. *Entomologia Sinica*，6（3）：233－241.

（责任编辑：袁德成）